

TUGAS AKHIR - RG 091536

PEMODELAN ALIRAN TUMPAHAN MINYAK DALAM MANAJEMEN PERENCANAAN PENANGGULANGAN BENCANA TUMPAHAN MINYAK

ALAN CHRIST RAHADIAN
NRP 3510 100 006

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



TUGAS AKHIR - RG 091536

PEMODELAN ALIRAN TUMPAHAN MINYAK DALAM MANAJEMEN PERENCANAAN PENANGGULANGAN BENCANA TUMPAHAN MINYAK

ALAN CHRIST RAHADIAN
NRP 3510 100 006

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

FINAL ASSIGNMENT - RG 091536

OIL SPILL FLOW MODELING IN OIL SPILL DISASTER MANAGEMENT PLAN

ALAN CHRIST RAHADIAN
NRP 3510 100 006

Advisors
Ir. Yuwono, MT

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014



FINAL ASSIGNMENT - RG 091536

OIL SPILL FLOW MODELING IN OIL SPILL DISASTER MANAGEMENT PLAN

ALAN CHRIST RAHADIAN
NRP 3510 100 006

Advisors
Ir. Yuwono, MT

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

**PEMODELAN ALIRAN TUMPAHAN MINYAK
DALAM MANAJEMEN PENANGGULANGAN
BENCANA TUMPAHAN MINYAK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALAN CHRIST RAHADIAN
NRP. 3510 100 006

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Yuwono, MT
NIP. 1959 0124 1985 02 1001



SURABAYA, JULI 2014

PEMODELAN ALIRAN TUMPAHAN MINYAK DALAM MANAJEMEN PENANGGULANGAN BENCANA TUMPAHAN MINYAK

Nama Mahasiswa : Alan Christ Rahadian
NRP : 3510 100 006
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yuwono, MT

Abstrak

Minyak bumi bagi Indonesia adalah salah satu sumber kekayaan alam yang sangat potensial. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi merupakan tahap awal dari usaha pertambangan tersebut. Namun, tahap tersebut merupakan tahap yang beresiko sangat tinggi dan dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem dan lingkungan daerah sekitar kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Hal terburuk adalah terjadinya bencana tumpahan minyak. Untuk itu dibutuhkan suatu manajemen perencanaan penanggulangan bencana tumpahan minyak dari suatu model simulasi/skenario.

Penelitian ini menggunakan suatu pemodelan matematika dengan metode hidrodinamika yang digunakan untuk membuat simulasi mengenai penyebaran aliran tumpahan minyak serta membuat peta aliran tumpahan minyak yang nantinya dapat menunjukkan lokasi yang mempunyai dampak terparah dalam bencana tersebut. Karakteristik oseanografis juga dikaji guna mendapatkan parameter sebaran aliran tumpahan minyaknya. Hasil pada penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi arah alir tumpahan minyak berdasarkan model simulasi yang mengacu berdasarkan musim angin yang terjadi di Indonesia.

Setelah dilakukan pemodelan, diperoleh rata-rata nilai kecepatan arus musim angin barat 0.2829 m/s dan pada musim angin timur 0.2831 m/s. Dan arah pergerakan aliran tumpahan

minyak pada musim angin barat dan musim angin timur cenderung menyebar ke arah selatan dari sumber tumpahan

Kata kunci : Minyak Bumi, Eksplorasi, Eksploitasi, Hidrodinamika, Bencana Tumpahan Minyak,

OIL SPILL FLOW MODELING IN OIL SPILL DISASTER MANAGEMENT PLAN

Student Name : Alan Christ Rahadian
Reg. Number : 3510 100 006
Department : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Supervisor : Ir. Yuwono, MT

Abstract

Petroleum is one of many natural resources with huge potential in Indonesia. Exploration and exploitation of petroleum is the initial stage of mining business. However, that stage is very high-risk stage and can cause damage to the ecosystem and the marine environment surrounding in the area of exploration and exploitation activities. And the worst is the oil spill disaster. Therefore, it needs a disaster management plan of an oil spill simulation models/scenarios.

This research uses a Mathematical Modeling of the hydrodynamic method used to create a simulation of the spread of the oil spill flow and create a map of the oil spill flow and will be able to show the location that has the greatest impact. Oceanographic characteristics are also examined in order to obtain the distribution of the flow parameters of the oil spill. The results of this research could be used to predict the direction of the oil spill flow based on the simulation model that refers to seasonal winds that occurred in Indonesia.

Based on the results of the modeling, obtained an average current value of the western monsoon velocity is 0.2829 m/s and the eastern monsoon is 0.2831 m/s. And the direction of the oil spill flow in the western monsoon and the eastern monsoon tends to spread to the south of the oil spill source.

***Keywords : Petroleum, Exploration, Exploitation,
Hydrodynamic, Oil Spill Disaster.***

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul:

”PEMODELAN ALIRAN TUMPAHAN MINYAK DALAM MANAJEMEN PERENCANAAN PENANGGULANGAN BENCANA TUMPAHAN MINYAK”

Laporan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan tahap strata I pada Jurusan Teknik Geomatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Emanuel Yudi Kristanto dan Ibu Endang Litta Ganewati atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang, serta pengorbanannya selama ini.
2. Bapak Ir. Yuwono, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. M. Taufik, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
4. Ibu Hepi Hapsari Handayani, ST, M.Sc selaku dosen wali, terima kasih atas bimbingan selama ini
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geomatika atas bimbingan dan curahan ilmunya selama ini,
6. Bapak dan Ibu Tata Usaha, serta seluruh staf dan karyawan Teknik Geomatika yang juga telah membantu kelancaran proses akademis selama ini
7. Ibu Diah selaku Karyawan BMKG Pusat yang senantiasa membantu dalam proses pengambilan data di Stasiun BMKG Papua Barat.

8. Pak Luqman selaku karyawan BP Indonesia yang membantu dalam memberikan data peta batimetri Teluk Bintuni, Papua Barat.
9. Teman-teman Jurusan Teknik Geomatika angkatan 2010. Terimakasih atas bantuannya pada saat pengolahan maupun penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman Jurusan Teknik Kelautan. Terima kasih atas bimbingannya pada saat pengolahan data dan peminjaman laboratorium komputernya.
11. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan karunia-Nya terhadap pihak – pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Harapan penulis, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Sekian dan terimakasih.

Surabaya, 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Permasalahan.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan	5
2.1.1 Model	5
2.1.2 Pemodelan Spasial	5
2.2 Minyak Bumi	5
2.2.1 Pengertian Minyak Bumi	5
2.2.2 Karakteristik Minyak Bumi	7
2.3 Pengertian Tumpahan Minyak	8
2.4 Dampak Pencemaran Air Laut Akibat Tumpahan Minyak..	11
2.5 Pengertian Oseanografi.....	13
2.6 Parameter Fisik Oseanografi	14
2.6.1 Pasang Surut	15
2.6.2 Arus	16
2.6.3 Kedalaman Perairan (Batimetri)	17
2.7 Hidrodinamika.....	18
2.8 <i>Software MIKE21</i>	19
2.8.1 <i>MIKE21 Hydrodynamic Module</i>	20

2.8.2 Model Matematika Hidrodinamika	20
2.9 Penelitian Terdahulu.....	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Data dan Peralatan	26
3.2.1 Data	26
3.2.2 Peralatan	26
3.3 Tahap Kegiatan Penelitian	28
3.4 Diagram Alir Pengolahan Data.....	31

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil dan Pembahasan Pemodelan Batimetri Teluk Bintuni	35
4.2 Pemodelan Hidrodinamika	36
4.2.1 Simulasi Data Pasang Surut (Musim Angin Barat)....	37
4.2.2 Simulasi Data Pasang Surut (Musim Angin Timur) ..	38
4.2.3 Simulasi Kecepatan Arus (Musim Angin Barat)	39
4.2.4 Simulasi Kecepatan Arus (Musim Angin Timur)	40
4.3 Hasil Pemodelan Hidrodinamika (Arus).....	40
4.4 Pemodelan Bencana Tumpahan Minyak	43
4.5 Hasil Pemodelan Bencana Tumpahan Minyak	43
4.6 Analisa regresi Linier.....	47
4.7 Manajemen perencanaan Penanggulangan Bencana Tumpahan Minyak.....	49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA	53
----------------------	----

LAMPIRAN	56
----------------	----

BIODATA PENULIS.	
-----------------------	--

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Umum Minyak Bumi	8
Tabel 4.1	Skenario Bencana Tumpahan Minyak	43
Tabel 4.2	Nilai Luas Tumpahan Bulan Januari 2013.....	47
Tabel 4.3	Nilai Luas Tumpahan Bulan Juli 2013	48

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode Dispersan Kimiawi.....	10
Gambar 2.2	Metode <i>In-Situ Burning</i>	11
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.2	Peta Batimetri Teluk Bintuni.....	26
Gambar 3.3	Tahapan Penelitian	28
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengolahan Data	31
Gambar 4.1	<i>Mesh</i> Perairan Teluk Bintuni.....	35
Gambar 4.2.	Model Batimetri Perairan Teluk Bintuni.....	36
Gambar 4.3	Grafik Pasang Surut Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Barat	37
Gambar 4.4	Grafik Pasang Surut Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Timur	38
Gambar 4.5	Grafik Kecepatan Arus Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Barat.....	39
Gambar 4.6	Grafik Kecepatan Arus Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Timur	40
Gambar 4.7	Kondisi Surut Musim Angin Barat (15/01/2013 05.00 WIT)	41
Gambar 4.8	Kondisi Pasang Musim Angin Barat (15/01/2013 11.00 WIT)	41
Gambar 4.9	Kondisi Pasang Musim Angin Timur (23/07/2013 15.00 WIT)	42
Gambar 4.10	Kondisi Pasang Musim Angin Timur (23/07/2013 09.00 WIT)	42
Gambar 4.11	Peta Aliran Tumpahan Minyak 1 Jam Pasca Tumpahan (01/01/2013 01.00 WIT)	44
Gambar 4.12	Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan (02/01/2013 00.00 WIT)	44
Gambar 4.13	Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan (01/07/2013 00.00 WIT)	45
Gambar 4.14	Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan (02/07/2013 00.00 WIT)	46

Gambar 4.15	Grafik Regresi Linier Musim Angin Barat	47
Gambar 4.16	Grafik Regresi Linier Musim Angin Barat	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Aliran Tumpahan Minyak	56
------------	-----------------------------------	----

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan energi semakin besar, seiring dengan semakin berkembangnya waktu dan teknologi. Hampir setiap kegiatan manusia dalam kehidupan sehari-hari membutuhkan sumber daya energi seperti minyak bumi, gas alam dan batuan mineral lainnya. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara penghasil sumber daya alam terbesar di dunia. (*DitJen Migas, 2013*)

Minyak bumi adalah salah satu sumber kekayaan alam yang sangat potensial. Pada tahun 2013, produksi minyak bumi di Indonesia mencapai angka 120 ribu barel per hari. Jadi, bidang energi menjadi salah satu sumber devisa terbesar bagi Negara. (*DitJen Migas, 2013*)

Guna menjaga kelangsungan suplai energi domestik, kegiatan eksplorasi dan eksploitasi di Indonesia harus terus dilakukan. Lokasi eksplorasi dan eksploitasi tersebut tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Salah satunya adalah perairan Teluk Bintuni, Papua Barat yang menjadi satuan wilayah kerja perusahaan minyak asing. Masalah yang sering terjadi pada kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi adalah kerusakan lingkungan di wilayah setempat. Dan hal terburuk yang dapat terjadi adalah terjadinya tumpahan minyak, yang dapat merusak ekosistem yang ada di laut ataupun pesisir kawasan tersebut. Semakin lambat penanggulangan penyebaran tumpahan minyaknya, maka semakin besar juga kerugian yang diderita baik oleh perusahaan maupun masyarakat setempat. Terutama oleh masyarakat yang menggantungkan mata pencahariannya di laut seperti nelayan, petani rumput laut dll.

Melihat dari dampak negatif yang bisa ditimbulkan bencana tumpahan minyak, maka perlu dilakukan tindakan untuk melindungi kawasan sekitar kegiatan eksplorasi dan

eksploitasi minyak bumi. Tindakan yang bisa dilakukan untuk melindungi wilayah tersebut dari ancaman sebaran tumpahan minyak adalah dengan membuat simulasi mengenai penyebaran tumpahan minyak dan perencanaan manajemen penanggulangan tumpahan minyak yang dapat dibuat dengan metode pemodelan matematika, serta mengkaji karakteristik oseanografis yang dapat dijadikan sebagai parameter sebaran aliran tumpahan minyak.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dimunculkan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana model dan arah pergerakan arus yang terjadi pada musim angin barat dan musim angin timur?
- b. Apabila terjadi tumpahan minyak, akan mengalir kemanakah aliran sebaran tumpahan minyak tersebut?

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penyebaran tumpahan minyak yang ditinjau hanya yang terjadi di permukaan laut.
- b. Arus yang diperhitungkan adalah arus yang terdapat di permukaan laut dengan menggunakan pemodelan matematika hidrodinamika.
- c. Karakteristik oseanografi yang dipakai sebagai parameter adalah topografi dasar laut, angin musim barat dan angin musim timur, pasang surut dan arus.
- d. Jenis minyak yang tumpah tidak mempengaruhi arah pergerakan aliran sebaran.
- e. Jumlah minyak yang tersebar di permukaan laut diasumsikan sama dengan jumlah minyak yang keluar dari pusat tumpahan.

- f. Hasil dari pemodelan ini hanya akan dijadikan acuan sebagai manajemen perencanaan penanggulangan bencana tumpahan minyak

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Untuk mengetahui pengaruh dari kecepatan angin dan besar pasang surut terhadap pola kecepatan arus.
- b. Untuk mengetahui pemodelan hidrodinamika (arus) pada musim angin barat dan musim angin timur.
- c. Untuk mengetahui arah sebaran aliran tumpahan minyak dari simulasi/skenario yang dibuat berdasarkan musim angin barat dan musim angin timur.
- d. Untuk mendapatkan daerah yang memiliki probabilitas terbesar dari dampak tumpahan minyak.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari hasil pembuatan penelitian ini adalah memberikan simulasi model pemetaan aliran tumpahan minyak sebagai perspektif manajemen penanggulangan tumpahan minyak.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan

2.1.1. Model

Model banyak didefinisikan, baik dari sudut pandang geografi maupun bukan. Model adalah deskripsi yang disederhanakan, terutama secara matematis dari suatu proses atau sistem, untuk membantu perhitungan atau prediksi menurut Kamus Oxford. Sementara dalam Kamus Meriam-Webster, model salah satunya dinyatakan sebagai sistem dari sebuah dalil, data, dan kesimpulan yang disajikan sebagai deskripsi matematis dari suatu entitas atau keadaan, juga dinyatakan sebagai simulasi komputer didasarkan pada suatu sistem. Dari definisi-definisi diatas didapatkan beberapa kata kunci, yaitu penyederhanaan, matematis, proses atau benda. Jadi model merupakan suatu metode untuk menyederhanakan suatu benda/proses secara matematis.

2.1.2. Pemodelan Spasial

Berdasar pada pengertian model spasial, secara umum pemodelan spasial merupakan kegiatan dimana membuat suatu model spasial dari suatu fenomena. Dalam buku karangan Longley, pemodelan spasial dapat dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), baik secara analog ataupun digital. (Longley, 2005)

2.2 Minyak Bumi

2.2.1. Pengertian Minyak Bumi

Menurut *Institute of Petroleum* (IP) minyak bumi yang biasanya disebut *crude oil* adalah suatu zat yang terjadi di dalam bumi yang sebagian besar mengandung

emulsi air, garam anorganik yang mungkin terbentuk dalam pengeboran dan pengaliran atau pengangkutan.

Batasan secara tepat untuk minyak bumi sangat sulit diberikan. Secara fisik bahan tersebut terlihat sebagai cairan berwarna coklat kemerahan atau hitam tetapi seringkali berwarna kehijauan atau fluoresensi kebiruan dan dalam sinar transmisi berwarna kekuning-kuningan, jingga, dan merah. Pada suhu biasa minyak bumi berbentuk cairan yang sangat kental, setengah padat, dan padat. Hal ini disebabkan oleh adanya kadar paraffin yang terkandung didalamnya.

Susunan rantai karbon dan rumus bangun senyawa hidrokarbon akan menentukan sifat fisika maupun sifat kimia dari gas bumi serta akan mempengaruhi produk secara kualitatif maupun kuantitatif. Dengan makin berkembangnya teknologi pembakaran serta industri-industri lain dan perkembangan dilakukan atas dasar penelitian-penelitian di industri migas dari hulu sampai dengan hilir. Dengan perkembangan-perkembangan mesin automotif dan mesin industri lain yang makin cepat yang memerlukan tuntutan kualitas maupun kuantitas dari bahan bakar maupun pelumas yang dipergunakan, sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut dalam proses pengolahannya juga akan berkembang. Dengan makin besarnya kebutuhan tersebut sehingga dikembangkan bermacam-macam proses pengolahan untuk meningkatkan bahan bakar dari nilai rendah ke produk yang lebih tinggi.

Minyak bumi disebut juga bitumina atau *petroleum* adalah merupakan suatu senyawa hidrokarbon yang larut dalam carbon disulfida (CS_2), sedangkan senyawa hidrokarbon yang tidak larut dalam carbon disulfide (CS_2) disebut non bitumina misalnya batubara. (*Jasji dan Nasution, 1997*)

2.2.2. Karakteristik Minyak Bumi

Telah dikatakan bahwa, minyak bumi terdiri dari campuran berbagai persenyawaan kimia dari suatu golongan yang disebut hidrokarbon. Disamping itu dalam minyak bumi terdapat persenyawaan kimia lain yang mengandung unsur – unsur oksigen, sulfur, nitrogen, dan logam–logam dalam jumlah kecil.

Persenyawaan hidrokarbon yang satu berbeda sifatnya dengan persenyawaan hidrokarbon yang lain. Hal ini berhubungan dengan:

- a. Perbedaan dari perbandingan banyaknya unsur karbon dan unsur hydrogen yang terdapat didalamnya.
- b. Perbedaan dari susunan unsur–unsur karbon dan hydrogen dalam molekul persenyawaan tersebut.

Berdasarkan atas susunan (struktur) molekul persenyawaan hidrokarbon dapat digolongkan atas 4 jenis utama, yaitu Parafin, Olefin (dan golongan tak jenuh lainnya), Naften dan Aromat. Dari jenis–jenis hidrokarbon itulah yang member pengaruh terhadap sifat dan kegunaannya. Hal ini disebabkan karena masing–masing jenis hidrokarbon mempunyai sifat–sifat tersendiri, misalnya hidrokarbon jenis aromatik mempunyai angka oktan tinggi dalam bensin, mempunyai daya larut yang besar. Sedangkan sifat dari hidrokarbon jenis parafin sudah membeku dengan titik tuang tinggi dan sebagainya.

Sifat–sifat hidrokarbon inilah yang berpengaruh terhadap mutu dari produk–produk minyak bumi yang berhubungan dengan pemakaiannya yang berbeda–beda suatu jenis produk minyak bumi yang mempunyai sifat–sifat tertentu dalam memenuhi mutunya dan ini sebagai besar terdapat ditentukan oleh campuran hidrokarbon yang terdapat didalamnya.

Sebagai contoh dari pengaruh dari jenis hidrokarbon itu dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Umum Minyak Bumi
(sumber: Mukhtasor. 2007)

Karakteristik	Minyak bumi parafinik	Minyak bumi Aromatik
Spekifik Gravity 60/60 ⁰ F	Rendah	Tinggi
Spekifik Gravity API	Tinggi	Rendah
Angka Oktan dari Bensin	Rendah	Tinggi
Titik asap dari Kerosin	Tinggi	Rendah
Angka Cetana dari Minyak diesel	Tinggi	Rendah
Titik tuang dari minyak diesel	Tinggi	Rendah
Indeks Viskositas dari pelumas	Tinggi	Rendah

Untuk jenis minyak bumi Naphtanik pada umumnya mempunyai sifat di antara jenis Parafanik dan Aromatik.

2.3 Pengertian Tumpahan Minyak

Tumpahan minyak atau *oil spill* adalah perilisan sebuah cairan hidrokarbon ke dalam lingkungan akibat kegiatan manusia, dan merupakan suatu bentuk polusi. Istilah ini sering merujuk kepada tumpahan minyak di laut, di mana minyak dilepaskan ke laut atau perairan pesisir. Tumpahan minyak dapat berasal dari kapal tanker,

lepas pantai, *rig* pengeboran dan sumur, serta tumpahan produk minyak olahan (seperti bensin, solar). (Ramadhany, 2009)

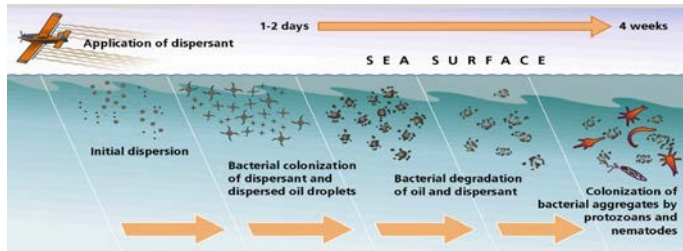
Tumpahan minyak dapat memakan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun untuk membersihkannya. Minyak juga ada yang berasal dari ekosistem laut dari alam. Perhatian publik dan peraturan pemerintah lebih cenderung fokus dan paling tajam pada kapal tanker minyak dan *rig* minyak di laut.

Pembersihan dan pemulihan dari tumpahan minyak sangatlah sulit dan tergantung pada banyak faktor, termasuk jenis minyak yang tumpah, suhu air (penguapan mempengaruhi dan biodegradasi), dan jenis garis pantai dan pantai terlibat.

Metode untuk membersihkan tumpahan minyak yang terjadi di lautan adalah sebagai berikut:

1. Bioremediasi: bioremediasi yaitu mempercepat proses yang terjadi secara alami, misalkan dengan menambahkan nutrisi, sehingga terjadi konversi sejumlah komponen menjadi produk yang kurang berbahaya seperti CO₂, air dan biomassa. Selain memiliki dampak lingkungan kecil, cara ini bisa mengurangi dampak tumpahan secara signifikan. Sayangnya, cara ini hanya bisa diterapkan pada pantai jenis tertentu, seperti pantai berpasir dan berkerikil, dan tidak efektif untuk diterapkan di lautan.
2. Bioremediasi *Accelerator*: Menggunakan zat kimia Oleophilic, kimia Hidrofobik, yang secara kimia dan fisik akan menimbulkan pertumbuhan dari mikroorganisme untuk mengurangi kadar hidrokarbon seperti minyak atau oli.
3. Dispersan kimiawi: Yaitu dengan memecah lapisan minyak menjadi tetesan kecil (droplet) sehingga mengurangi kemungkinan terperangkapnya hewan ke dalam tumpahan. Dispersan kimiawi adalah bahan kimia dengan zat aktif yang disebut surfaktan (berasal dari kata:

surfactants = *surface-active agents* atau zat aktif permukaan). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa beberapa dispersan kimiawi beracun untuk terumbu karang.



Gambar 2.1 Metode Dispersan Kimiawi

4. *In-situ burning*: adalah pembakaran minyak pada permukaan air sehingga mampu mengatasi kesulitan pemompaan minyak dari permukaan laut, penyimpanan dan pewadahan minyak serta air laut yang terasosiasi, yang dijumpai dalam teknik penyisihan secara fisik. Cara ini membutuhkan ketersediaan booms (pembatas untuk mencegah penyebaran minyak) atau barrier yang tahan api. Beberapa kendala dari cara ini adalah pada peristiwa tumpahan besar yang memunculkan kesulitan untuk mengumpulkan minyak dan mempertahankan pada ketebalan yang cukup untuk dibakar serta evaporasi pada komponen minyak yang mudah terbakar. Sisi lain, residu pembakaran yang tenggelam di dasar laut akan memberikan efek buruk bagi ekologi.



Gambar 2.2 Metode *In-Situ Burning*

5. *Vacuum* dan *centrifugal*: Minyak dapat disedot bersamaan dengan air, kemudian *centrifugal* pada alat dapat digunakan untuk memisahkan minyak dari air dan dapat memungkinkan kapal tanker untuk diisi dengan minyak murni. Biasanya, air dikembalikan ke laut. Alat ini juga membuat proses lebih efisien, tetapi memungkinkan sejumlah kecil minyak untuk kembali lagi. Masalah ini telah menghambat penggunaan *centrifugal* karena peraturan di negara Amerika Serikat yang membatasi jumlah minyak yang kembali ke laut.

2.4 Dampak Pencemaran Air Laut Akibat Tumpahan Minyak

Komponen minyak yang tidak dapat larut di dalam air akan mengapung yang menyebabkan air laut berwarna hitam. Beberapa komponen minyak tenggelam dan terakumulasi di dalam sedimen sebagai deposit hitam pada pasir dan batuan-batuan di pantai. Komponen hidrokarbon yang bersifat toksik berpengaruh pada reproduksi, perkembangan, pertumbuhan, dan perilaku biota laut, terutama pada plankton, bahkan dapat mematikan ikan, dengan sendirinya dapat menurunkan produksi ikan. Proses emulsifikasi merupakan sumber mortalitas bagi organisme, terutama pada

telur, larva, dan perkembangan embrio karena pada tahap ini sangat rentan pada lingkungan tercemar (*Fakhrudin, 2004*).

Bahwa dampak-dampak yang disebabkan oleh pencemaran minyak di laut adalah akibat jangka pendek dan akibat jangka panjang.

1. Akibat Jangka Pendek

Molekul hidrokarbon minyak dapat merusak membran sel biota laut, mengakibatkan keluarnya cairan sel dan berpenetrasi bahan tersebut ke dalam sel. Berbagai jenis udang dan ikan akan beraroma dan berbau minyak, sehingga menurunkan mutunya. Secara langsung minyak menyebabkan kematian pada ikan karena kekurangan oksigen, keracunan karbon dioksida, dan keracunan langsung oleh bahan berbahaya.

2. Akibat Jangka Panjang

Lebih banyak mengancam biota muda. Minyak di dalam laut dapat termakan oleh biota laut. Sebagian senyawa minyak dapat dikeluarkan bersama-sama makanan, sedang sebagian lagi dapat terakumulasi dalam senyawa lemak dan protein. Sifat akumulasi ini dapat dipindahkan dari organisme satu ke organisme lainnya melalui rantai makanan. Jadi, akumulasi minyak di dalam zooplankton dapat berpindah ke ikan pemangsanya. Demikian seterusnya bila ikan tersebut dimakan ikan yang lebih besar, hewan-hewan laut lainnya, dan bahkan manusia. Secara tidak langsung, pencemaran laut akibat minyak mentah dengan susunannya yang kompleks dapat membinasakan kekayaan laut dan mengganggu kesuburan rumput laut dan terumbu karang di dasar laut. Ikan yang hidup di sekeliling laut akan tercemar atau mati dan banyak pula yang bermigrasi ke daerah lain.

Minyak yang tergenang di atas permukaan laut akan menghalangi masuknya sinar matahari sampai ke lapisan air dimana ikan berkembang biak. Menurut *Fakhrudin (2004)*, lapisan minyak juga akan menghalangi pertukaran

gas dari atmosfer dan mengurangi kelarutan oksigen yang akhirnya sampai pada tingkat tidak cukup untuk mendukung bentuk kehidupan laut yang aerob.

Lapisan minyak yang tergenang tersebut juga akan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut, lamun dan tumbuhan laut lainnya jika menempel pada permukaan daunnya, karena dapat mengganggu proses metabolisme pada tumbuhan tersebut seperti respirasi, selain itu juga akan menghambat terjadinya proses fotosintesis karena lapisan minyak di permukaan laut akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam zona euphotik, sehingga rantai makanan yang berawal pada phytoplankton akan terputus. Jika lapisan minyak tersebut tenggelam dan menutupi substrat, selain akan mematikan organisme *benthos* juga akan terjadi perbusukan akar pada tumbuhan laut yang ada.

Pencemaran minyak di laut juga merusak ekosistem mangrove. Minyak tersebut berpengaruh terhadap sistem perakaran mangrove yang berfungsi dalam pertukaran CO₂ dan O₂, dimana akar tersebut akan tertutup minyak sehingga kadar oksigen dalam akar berkurang. Jika minyak mengendap dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan pembusukan pada akar mangrove yang mengakibatkan kematian pada tumbuhan mangrove tersebut. Tumpahan minyak juga akan menyebabkan kematian fauna-fauna yang hidup berasosiasi dengan hutan mangrove seperti moluska, kepiting, ikan, udang, dan biota lainnya.

2.5 Pengertian Oseanografi

Oseanografi berasal dari kata *ocean* yang berarti laut dan *graphy* yang berarti gambaran, deskripsi. Sehingga oseanografi mempunyai arti gambaran tentang lautan. Oseanografi itu sendiri bukan ilmu murni tetapi didukung oleh berbagai macam cabang ilmu seperti kimia oseanografi,

fisika oseanografi, biologi oseanografi serta geologi oseanografi (*Hutabarat dan Evans, 1984*).

Bagian penting dari gambaran oseanografi suatu perairan laut adalah deskripsi dari penyebaran atau distribusi spasial maupun temporal dari parameter suhu dan salinitas. Pengamatan suhu dan salinitas ini merupakan parameter yang tak dapat ditinggalkan dalam hampir setiap penelitian di laut (*Nontji, 1987*).

Bahasa lain yang lebih lengkap, oseanografi dapat diartikan sebagai studi dan penjelajahan (eksplorasi) ilmiah mengenai laut dan segala fenomenanya. Laut sendiri adalah bagian dari hidrosfer. Seperti diketahui bahwa bumi terdiri dari bagian padat yang disebut litosfer, bagian cair yang disebut hidrosfer dan bagian gas yang disebut atmosfer. Sementara itu bagian yang berkaitan dengan sistem ekologi seluruh makhluk hidup penghuni planet Bumi dikelompokkan ke dalam biosfer. (*Nontji, 1987*).

Hutabarat dan Evans (1985), pada bagian lain menjelaskan bahwa oseanografi adalah studi ilmiah mengenai bumi yang ditutupi oleh air dan lingkungannya. Sasarannya adalah memperluas pengertian manusia mengenai semua aspek kelautan, sifat antara tingkah laku air, flora dan fauna dalam alam laut, interaksi udara di atasnya serta bentuk dan struktur air laut itu sendiri.

2.6 Parameter Fisik Oseanografi

Fisika oseanografi adalah ilmu yang mempelajari tentang hubungan antara sifat – sifat fisika yang terjadi dalam lautan sendiri dan yang terjadi antara lautan dengan atmosfer dan daratan. Hal ini termasuk kejadian- kejadian pokok seperti terjadinya tenaga pembangkit pasang dan gelombang, iklim dan sistem- sistem arus yang terdapat di lautan dunia (*Hutabarat dan Evans, 1984*).

Dahuri dkk (2008) mengemukakan bahwa kondisi oseanografi fisika di kawasan pesisir dan laut dapat

digambarkan oleh terjadinya fenomena alam seperti terjadinya pasang surut, arus, gelombang, kondisi suhu dan salinitas serta angin. Fenomena-fenomena ini memberikan ciri khas/karakter pada kawasan pesisir dan lautan. Sehingga menyebabkan terjadinya kondisi fisika perairan yang berbeda-beda.

2.6.1 Pasang Surut

Pasang surut laut adalah perubahan gerak relatif dari materi suatu planet, bintang dan benda angkasa lainnya yang diakibatkan aksi gravitasi benda-benda angkasa dan luar materi itu berada. Sehingga pasang surut yang terjadi di bumi terdapat dalam 3 (tiga) bentuk, yakni:

- a. Pasang surut atmosfer (*atmospheric tides*)
- b. Pasang surut laut (*ocean tides*)
- c. Pasang surut bumi padat (*bodily tides*)

Pasang surut atmosfer adalah gerakan atmosfer bumi yang diakibatkan oleh adanya aksi gravitasi dari matahari dan bulan atau benda langit lainnya. Gerakan atmosfer akibat hal ini bisa dideteksi dengan barometer, yang mencatat perubahan tekanan udara di muka laut.

Pasang surut laut adalah naik-turunnya permukaan air laut disertai gerakan horizontal massa air, dan gejala ini mudah dilihat secara visual. Pasang surut bumi padat adalah gangguan akibat gaya gravitasi benda langit terhadap bagian bumi padat. Gangguan ini sangat kecil, sehingga hampir tidak bisa dilihat secara jelas. Tapi untuk pengukuran dari ketinggian suatu tempat dan penelitian geofisika lainnya, gangguan ini harus diperhatikan benar kelakuannya.

Faktor-faktor non-astronomis yang mempengaruhi tinggi pasut adalah kedalaman perairan dan keadaan meteorologi serta faktor hidrografis lainnya. Pasut selain fenomena naik dan turunnya air laut yang

periodik atau gerakan vertikal juga gerakan horizontal atau arus pasut yang periodik pula.

2.6.2 Arus

Arus adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horizontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi diseluruh lautan dunia (*Hutabarat dan Evans, 1984*). Sistem arus laut utama dihasilkan oleh beberapa daerah angin secara terus menerus, berbeda satu sama lain dengan berubah-ubah.

Arus ini juga mempengaruhi penyebaran organisme laut dan juga menentukan pergeseran daerah biografi melalui perpindahan air hangat ke daerah yang lebih dingin dan sebaliknya. Angin dapat mendorong Bergeraknya air di permukaan, menghasilkan suatu gerakan arus horizontal yang lambat yang mampu mengangkut suatu volume air yang sangat besar melintasi jarak jauh di lautan (*Nybakken, 1992*). Arus permukaan merupakan pencerminan langsung dari pola angin. Jadi arus permukaan digerakkan oleh angin dan air dilapisan bawahnya ikut terbawa. Karena disebabkan oleh adanya gaya coriolis yaitu gaya yang di sebabkan oleh perputaran bumi.

Faktor – faktor pembangkit arus permukaan adalah sebagai berikut (*Hutabarat dan Evans, 1984*):

1. Bentuk topografi dasar lautan dan pulau-pulau yang ada disekitarnya. Beberapa sistem lautan utama di dunia dibatasi oleh massa daratan dari tiga sisi dan oleh arus equatorial counter dari sisi ke empat. Batas-batas ini menghasilkan aliran yang hampir tertutup dan cenderung membuat aliran air mengarah dalam bentuk bulatan.
2. Gaya coriolis. Gaya coriolis mempengaruhi aliran massa air dimana gaya ini akan membelokkan arah

- arus dari arah yang lurus. Gaya ini timbul sebagai akibat dari perputaran bumi pada porosnya.
3. Perbedaan tekanan. Pada umumnya air di daerah tropik dan sub tropik lebih tinggi daripada daerah kutub. Walaupun perbedaan ini kecil, namun dapat menyebabkan timbulnya perbedaan tekanan air yang berakibat air akan mengalir dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah.
 4. Perbedaan densitas. Gerakan air yang luas dapat diakibatkan oleh perbedaan densitas dari lapisan lautan yang mempunyai kedalaman berbeda-beda perbedaan ini timbul terutama diakibatkan oleh perbedaan suhu dan salinitas.

2.6.3. Kedalaman Perairan (Batimetri)

Batimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudra atau danau. Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth, contours* dan *isobath*), dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan.

Awalnya, batimetri mengacu kepada pengukuran kedalaman samudra. Teknik-teknik awal batimetri menggunakan tali berat terukur atau kabel yang diturunkan dari sisi kapal. Keterbatasan utama teknik ini adalah hanya dapat melakukan satu pengukuran dalam satu waktu sehingga dianggap tidak efisien. Teknik tersebut juga menjadi subjek terhadap pergerakan kapal dan arus.

Tak ada kawasan di muka bumi ini yang unik gambaran relief (topografi) dasar lautnya seperti perairan laut nusantara kita. Dalam kawasan yang

terbatas ini boleh dikatakan semua tipe topografi dasar laut bisa ditemukan seperti paparan yang dangkal, depresi yang dalam dengan berbagai bentuk basin atau cekung, berbagai bentuk elevasi berupa dasar laut, gunung bawah laut (*seamount*), terumbu karang dan sebagainya. Tetapi topografi yang menakjubkan ini kadang-kadang kurang memberikan kesan yang berarti bagi banyak orang, karena wujudnya tidak bisa terlihat langsung dengan nyata (*Nontji, 1987*).

2.7 Hidrodinamika

Hidrodinamika merupakan salah satu mata kuliah oseanografi yang merupakan lanjutan dari mekanika fluida. Hidrodinamika dapat didefinisikan sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari gerak *liquid* atau gerak fluida cair khususnya gerak air. Ruang lingkup cabang ilmu ini cenderung untuk mengkaji gerak partikel air sehingga disebut kajian skala makroskopik. Skala makroskopik disini disebabkan karena air itu terdiri dari partikel-partikel fluida, sedangkan seperti kita tahu bahwa skala terkecil air itu adalah atom bukan partikel. Selain itu hidrodinamika merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mencoba untuk mengaplikasikan persamaan matematika. Hal ini terjadi karena kajian hidrodinamika banyak berhubungan dengan perlakuan matematik dari persamaan-persamaan dasar fluida kontinyu yang berbasis hukum-hukum newton. Sehingga objek utama yang dijadikan bahan kajian dan analisa adalah fluida newton.

Jika menilik kembali sejarah munculnya ilmu hidrografi ini, maka tidak heran jika konsep matematika jauh lebih berperan dibanding konsep-konsep fisika. Ilmuwan-ilmuwan yang merumuskan ilmu ini adalah para pakar matematika yang mencoba menganalisa gerak air dan fenomena lainnya di lingkungan mereka dengan formulasi matematika.

Berikut ini adalah beberapa konsep dasar yang menjadi bahan acuan dalam menganalisa fenomena fisis air dalam hidrodinamika:

- Partikel fluida adalah *material point*. Maksud dari *material point* ini adalah fokus analisa gerak fluida adalah partikel fluida.
- Dasar partikel fluida dapat diasumsikan homogen, isotropic, dan kontinyu dalam skala makroskopik.
- Gerak pola molekul dan gerak brown tidak dibahas karena tidak memberi pengaruh signifikan terhadap gerakan skala makroskopik.
- Hukum mekanika fluida didapat dari mengintegrasikan hukum perilaku partikel-partikel fluida sepanjang jejak geraknya didalam ruang.

Kajian hidro dapat dikaji dalam dua bagian yaitu:

- Memilih persamaan-persamaan umum diferensial parsial yang mengatur gerak dari partikel fluida.
- Mempelajari berbagai metoda matematika untuk mengintegrasikan persamaan-persamaan tersebut.

Hubungan antar partikel fluida dapat dikatakan partikel fluida dapat berubah dan setiap partikel memiliki gerakannya sendiri-sendiri yang berbeda dan mudah untuk dikenali dari partikel lainnya. (Fauziah, 2011)

2.8 Software MIKE21

MIKE21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk aliran permukaan bebas dua dimensi (*2D free-surface flow*). MIKE21 dapat diterapkan untuk simulasi hidrolika dan fenomena yang terkait di sungai, danau, teluk, pantai dan laut. Program ini dikembangkan oleh *Danish Hydrological Institute (DHI) Water & Environment*. Teori yang diuraikan pada bagian ini dikutip dari panduan perangkat lunak tersebut. MIKE21

terdiri dari beberapa modul diantaranya, yang akan digunakan dalam studi ini, adalah sebagai berikut:

2.8.1. MIKE21 Hydrodynamic Module

MIKE21 *Hydrodynamic Module* (HD Module) adalah model matematika untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di *open model boundary*. *HD Module* mensimulasikan perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, teluk, pantai dan laut. Efek yang dapat disimulasikan modul ini adalah:

- *Bottom Shear Stress*
- *Wind Shear Stress*
- *Barometric Pressure Gradients*
- *Coriolis Force*
- *Momentum Dispersion*
- *Sources and Sinks*
- *Evaporation*
- *Flooding and Dryinng*
- *Wave Radiation Stress*

2.8.2 Model Matematika Hidrodinamika

Model matematika hidrodinamika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t}$$

.....(1)

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial xy} (P_a) = 0 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$h(x,y,t)$	= Kedalaman air (= $\zeta - d, m$)
$d(x,y,t)$	= Kedalaman air pada berbagai waktu (m)
$\zeta(x,y,t)$	= Elevasi permukaan (m)
$p,q(x,y,t)$	= <i>Flux density</i> dalam arah x dan y ($m^3/s/m$) = (u,v); (u,v) = <i>depth average velocity</i> dalam arah x dan y
$C(x,y)$	= Tahanan Chezy ($m^{1/2}/s$)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
$f(V)$	= Faktor gesekan angin
$V, V_x, V_y(x,y,t)$	= Kecepatan angin dalam arah x dan y (m/s)
$\Omega(x,y)$	= Parameter Coriolis (s^{-1})
$P_a(x,y,t)$	= Tekanan atmosfer ($kg/m/s^2$)
ρ_w	= Berat jenis air (kg/m^3)

x,y	= Koordinat ruang (m)
T	= Waktu (s)
$\tau_{xx}, \tau_{yy}, \tau_{xy}$	=Komponen <i>effective shear stress</i>

2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung adalah:

- a. “Pemetaan Daerah Aliran Tumpahan Minyak Lepas Pantai Di Wilayah Pesisir Kabupaten Indramayu Dan Cirebon Dalam Perspektif Perencanaan Pengelolaan Bencana Tumpahan Minyak” yang merupakan Tugas Akhir dari Rifki Zel.

Penelitian ini memberikan model simulasi tumpahan minyak di wilayah pesisir Kabupaten Indramayu dan Cirebon dengan menggunakan *software* MIKE21 Hydro. Dan memberikan uji sensitifitas dari parameter-parameter yang dijadikan acuan. Serta memberikan analisa sebagai perencanaan pengelolaan bencana tumpahan minyak.

- b. “Simulasi Tumpahan Minyak di Delta Mahakam” yang merupakan Tugas Akhir dari Bangun Suryoputro.

Penelitian ini memberikan hasil simulasi tumpahan minyak yang apabila terjadi pada kapal tanker (kapal pengangkut minyak) yang tumpah kelautan pada saat bergerak dengan menggunakan *software* MoTuM. Serta menganalisa potensi kerusakan lingkungan dengan menggunakan ESIN (*Environmental Sensitivity Index Number*) untuk mendapatkan potensi resiko yang akan terjadi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini berlokasi di wilayah perairan Teluk Bintuni, Papua Barat, Indonesia. Secara geografis Teluk Bintuni berada di bagian mulut kepala burung pada koordinat $132^{\circ}03'6''$ – $134^{\circ}03'6''$ BT dan $03^{\circ}01'5''$ – $03^{\circ}03'2''$ LS. Luas wilayah Teluk Bintuni mencakup 22.817,44 kilometer persegi atau 60.7% dari seluruh luas Kabupaten Manokwari.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- Data kecepatan dan arah angin wilayah perairan Teluk Bintuni, Papua Barat.
- Data arus pasang surut wilayah perairan Teluk Bintuni.
- Data peta Batimetri Teluk Bintuni, Papua Barat.

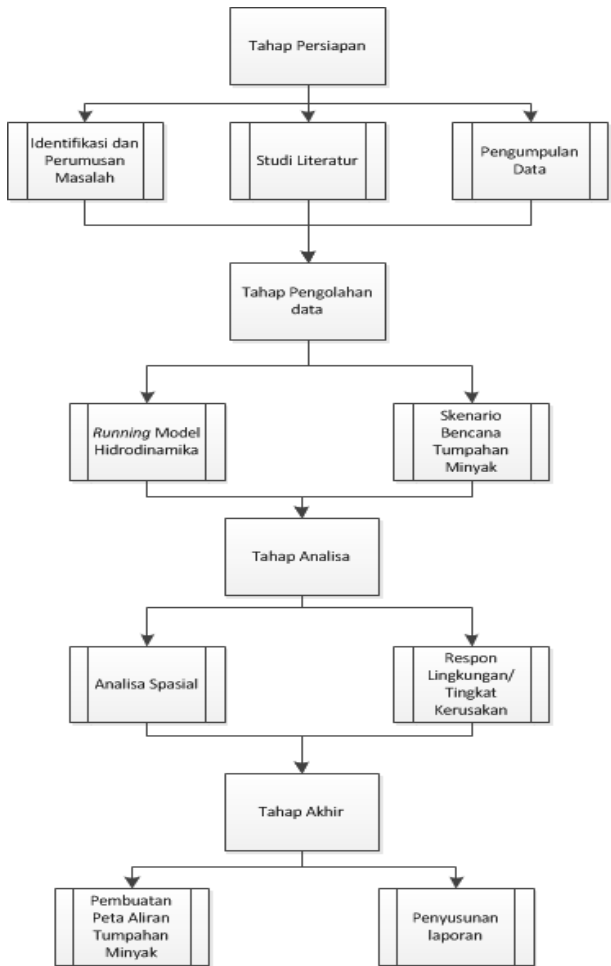
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Perangkat Keras (*Hardware*). Laptop, dengan spesifikasi:
 - Intel Core-i5 @ 3.10 GHz
 - RAM 8.00 GB
 - Hardisk 500 GB

- Perangkat Lunak (*Software*)
 - Global Mapper 12
 - ArcMAP 10.0
 - MIKE21
 - Dxf2xyz
 - AutoCAD Land Desktop 2009

3.3 Tahap Kegiatan Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini dapat digambarkan seperti pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.3 Tahapan penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir metodologi penelitian:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, kegiatan yang dilakukan adalah:

- Identifikasi dan Perumusan Masalah
Tahapan ini merupakan tahapan awal untuk menentukan batasan dan rumusan masalah yang berhubungan dengan rencana penelitian dan penetapan tujuan.
- Studi Literatur
Tahapan ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui lebih dalam mengenai penelitian yang akan dibahas berdasarkan referensi-referensi yang terkait.
- Pengumpulan Data
Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan data kecepatan dan arah angin terbanyak, data arus pasang surut dan data peta batimetri wilayah perairan Teluk Bintuni, Papua Barat yang akan digunakan dalam pengolahan data penelitian ini.

2. Tahap Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan tahap dimana data yang sudah terkumpul akan diolah dengan metode pengolahan hidrodinamika (arus) berdasarkan 2 musim angin yang terjadi di Indonesia dengan membuat domain model terlebih dahulu. Setelah tahapan hidrodinamika (arus) didapatkan berdasarkan musim angin barat dan musim angin timur maka, akan dibuat simulasi/skenario bencana tumpahan minyak yang bilamana terjadi.

3. Tahap Analisa

Setelah selesai melakukan pengolahan data hidrodinamika (arus) dan membuat simulasi/skenario bencana tumpahan minyak, maka akan didapatkan *output*

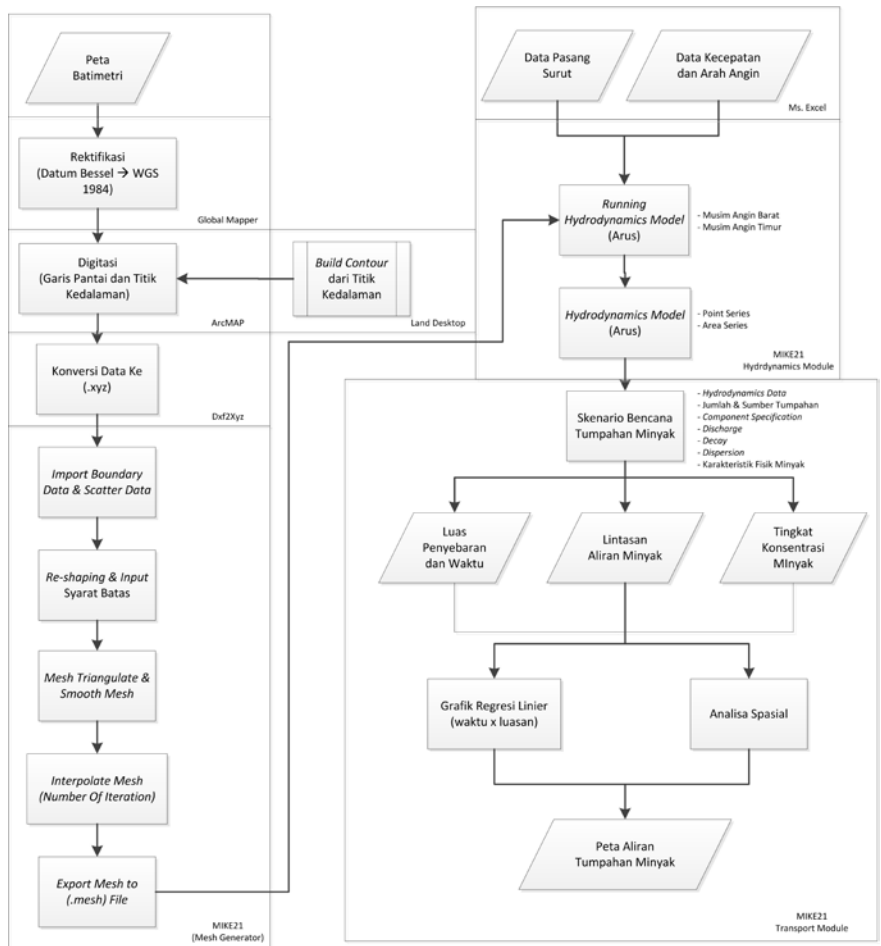
yang nantinya akan digunakan dalam acuan analisa yaitu menganalisa kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh bencana tumpahan minyak tersebut serta mendapatkan lokasi yang terkena dampak dari bencana tumpahan minyak tersebut.

4. Tahap Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan penyelesaian dari penelitian Tugas Akhir berupa penyusunan laporan dan pembuatan peta aliran bencana tumpahan minyak.

3.4 Diagram Alir Pengolahan Data

Tahapan dari pengolahan data dapat digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram alir pengolahan data

Berikut adalah penjelasan diagram alir pengolahan data:

1. Setelah mendapatkan data *Hardcopy* peta batimetri perairan Teluk Bintuni, Papua Barat. Peta tersebut harus direktifikasi terlebih dahulu agar mendapatkan datum yang diinginkan yaitu dari Bessel menjadi WGS 1984. Proses ini menggunakan *software* Global Mapper dengan memberikan 4 koordinat yang ada pada pinggir peta batimetri sebagai titik referensi.
2. Proses selanjutnya adalah digitasi garis pantai dan titik kedalaman dengan tujuan agar didapatkan data *softcopy* garis pantai dan kontur. Proses ini menggunakan *software* AutoCAD Land Desktop. Interval kontur yang dimasukkan 10 meter.
3. Setelah proses digitasi selesai, data file (.dwg) harus dikonversikan kedalam format (.xyz) agar data digitasi bisa terbaca oleh *software* pengolah hidrodinamika. Proses ini menggunakan *software* Dxf2Xyz.
4. Setelah didapatkan data dalam format (.xyz). *Import* data tersebut kedalam *software* MIKE21 (*Mesh Generator*). Langkah pertama dalam pengolahan hidrodinamika adalah pembuatan *mesh*. Dalam pembuatan *mesh* perairan Teluk Bintuni, harus ditentukan juga syarat batasnya. Dengan tujuan membedakan antara lautan dan daratan. Setelah itu *mesh* diinterpolasi dan diexport kedalam format (.mesh) *file*.
5. Langkah selanjutnya adalah pembuatan model hidrodinamika (arus) berdasarkan 2 musim angin yang terjadi di wilayah Indonesia yaitu musim angin barat dan musim angin timur dan dimodelkan selama 31 hari pada bulan Januari 2013 dan bulan Juli 2013. Parameter yang dimasukkan adalah data pasang surut, data kecepatan dan arah angin terbanyak perairan

Teluk Bintuni. Parameter fisis lainnya seperti densitas, viskositas Eddy, *tidal potential* dan *coriolis forcing* dimasukan nilai *default* pada *software*. *Output* yang dihasilkan pada model hidrodinamika (arus) yaitu *point series* dan *area series*.

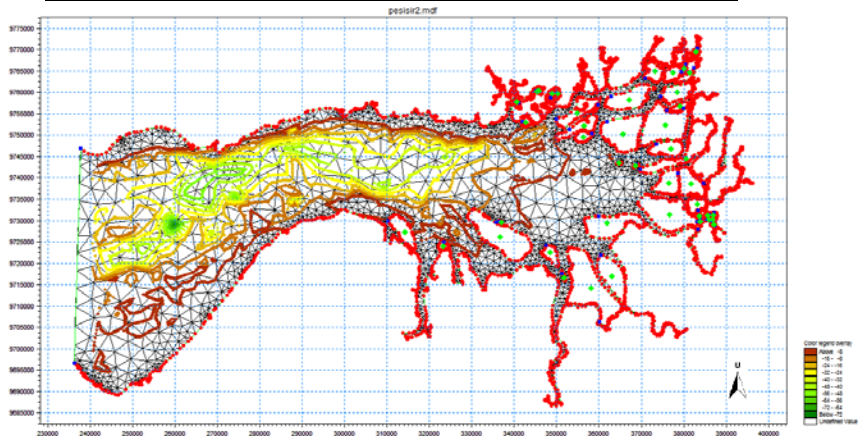
6. Model hidrodinamika (arus) yang sudah dimodelkan akan digunakan sebagai parameter dalam aliran tumpahan minyak. Oleh karna itu, dibuatlah skenario/simulasi bencana tumpahan minyak pada *Transport Module* dengan parameter yaitu data hidrodinamika (arus), sumber dan jumlah tumpahan, karakteristik fisik minyak, *component specification*, *discharge*, *decay* dan *dispersion*.
7. Setelah melakukan proses *running* skenario tumpahan minyak, akan didapatkan model aliran tumpahan minyaknya, tingkat konsentrasi minyak dan luas dan waktu penyebarannya.
8. Langkah selanjutnya adalah pembuatan grafik regresi linier dimana nilai x adalah waktu penyebaran dan y adalah luas tumpahan, serta melakukan analisis spasial.
9. Langkah terakhir adalah pembuatan peta aliran tumpahan minyak.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dikemukakan proses pengumpulan dan pengolahan data secara sistematis sesuai dengan metodologi penelitian yang telah dibuat. Hasil dari pengolahan data tersebut selanjutnya dianalisis untuk memenuhi tujuan penelitian.

4.1 Hasil dan Pembahasan Pemodelan Batimetri Teluk Bintuni

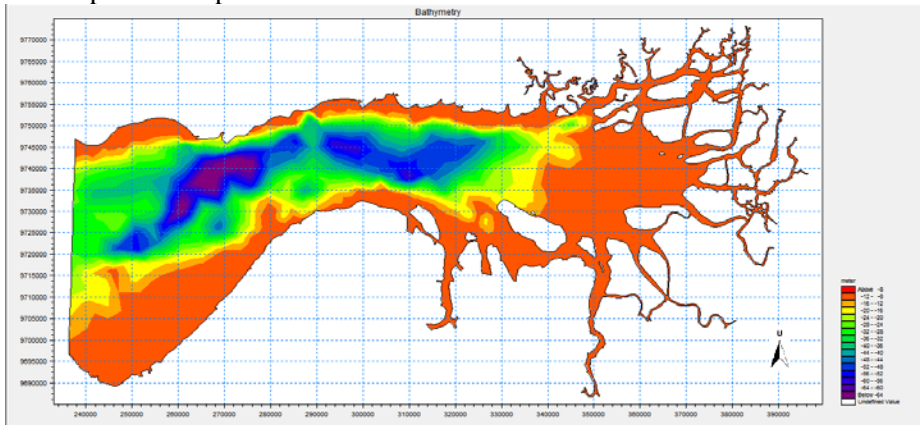


Gambar 4.1 Mesh Perairan Teluk Bintuni

Sebelum melakukan pembuatan *mesh* perairan Teluk Bintuni terlebih dahulu membuat model domain dari wilayah perairan Teluk Bintuni dan pesisirnya. Pembangunan model domain ini menggunakan data peta batimetri yang nantinya akan didapatkan data kedalaman laut atau kontur. Dilakukan juga penentuan *boundary condition*. Penentuan *boundary condition* ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai masukan di daerah batas-batas pemodelan. Penentuan *boundary condition* ini ada 2 bagian yaitu batas terbuka dan

batas tertutup. Batas tertutup adalah nilai batas antara daratan dan lautan atau bisa disebut dengan garis pantai, sedangkan batas terbuka adalah nilai-nilai batas yang terhubung dengan laut. Nilai batas terbuka yang dimasukan adalah nilai pasang surut yang diperoleh dari stasiun pengamatan BIG.

Setelah itu adalah pembuatan *mesh* perairan Teluk Bintuni dengan menggunakan perangkat lunak MIKE21 modul *Mesh Generator* dengan hasil yang nantinya akan didapatkan bentuk batimetri dari perairan Teluk Bintuni. Gambar bentuk *Mesh* dari perairan Teluk Bintuni dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan gambar pemodelan batimetri dapat dilihat pada Gambar 4.2.



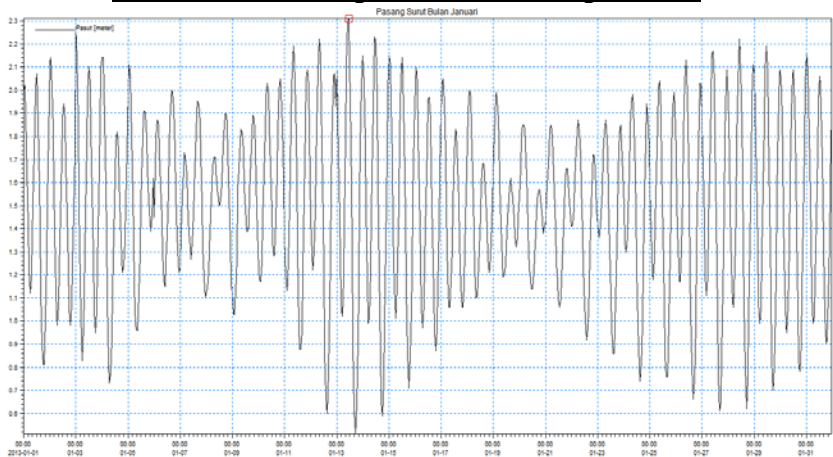
Gambar 4.2 Model Batimetri Perairan Teluk Bintuni

4.2 Pemodelan Hidrodinamika

Pada proses ini dengan menggunakan parameter kecepatan dan arah angin terbanyak dan pasang surut akan dibuat model hidrodinamikanya (arus). Model tersebut dibuat berdasarkan musim angin yang terjadi di wilayah Indonesia yaitu musim angin barat dan musim angin timur. Puncak musim angin barat terjadi pada bulan Desember sampai dengan bulan Februari. Sedangkan puncak musim

angin timur terjadi pada bulan Juni sampai dengan bulan Agustus. Untuk pemodelan pada musim angin barat, digunakan parameter angin dan pasang surut bulan Januari 2013. Sedangkan untuk pemodelan musim angin timur, digunakan parameter angin dan pasang surut bulan Juli 2013.

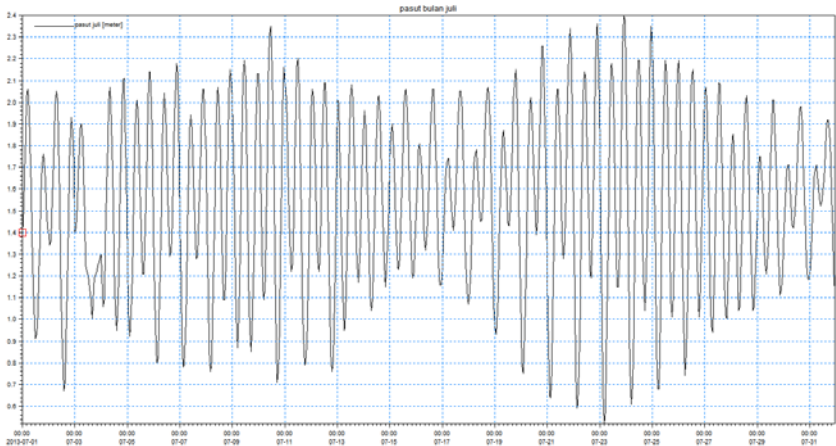
4.2.1 Simulasi Data Pasang Surut (Musim Angin Barat)



Gambar 4.3 Grafik Pasang Surut Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Barat

Pemodelan data pasang surut untuk musim angin barat dilakukan pada bulan Januari 2013. Setelah dilakukan pemodelan, didapatkan nilai pasang tertinggi adalah 2.31 meter dan surut terendah adalah 0.51 meter. Serta nilai tunggang pasang surut maksimal 1.80 meter. Grafik pasang surut pada musim angin barat dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4.2.2 Simulasi Data Pasang Surut (Musim Angin Timur)



Gambar 4.4 Grafik Pasang Surut Hasil Pemodelan Hidrodinamika
Musim Timur

Pemodelan data pasang surut untuk musim angin timur dilakukan pada bulan Juli 2013. Setelah dilakukan pemodelan, didapatkan nilai pasang tertinggi adalah 2.39 meter dan surut terendah adalah 0.52 meter. Serta nilai tunggang pasang surut adalah 1.87 meter. Grafik pasang surut pada musim angin timur dapat dilihat pada Gambar 4.4.

4.2.3 Simulasi Kecepatan Arus (Musim Angin Barat)



Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Arus Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Barat

Kecepatan arus pada musim angin barat cukup bervariasi dengan rata-rata kecepatan 0.2829 m/s. Untuk kecepatan arus tertinggi mencapai 0.3902 m/s dan kecepatan arus terendah mencapai 0.1371 m/s. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik kecepatan arus bulan Januari 2013 Gambar 4.5.

4.2.4 Simulasi Kecepatan Arus (Musim Angin Timur)



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Arus Hasil Pemodelan Hidrodinamika Musim Timur

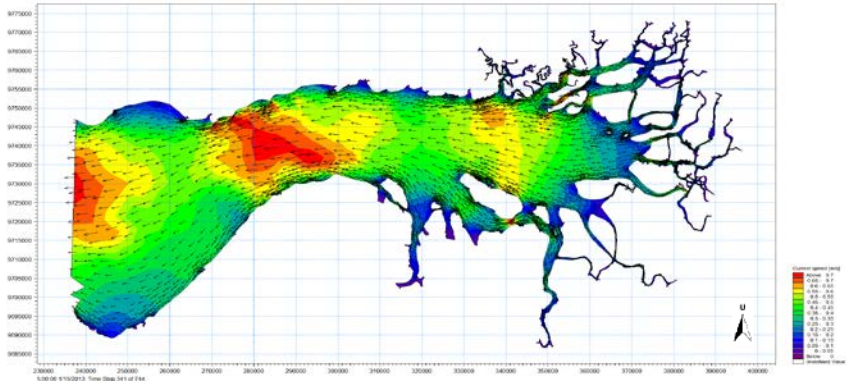
Kecepatan arus pada musim angin timur juga cukup bervariasi dengan rata-rata kecepatan 0.2831 m/s. Untuk kecepatan arus tertinggi mencapai 0.3952 m/s dan kecepatan arus terendah mencapai 0.1435 m/s. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik kecepatan arus bulan Juli 2013 Gambar 4.6.

4.3 Hasil Pemodelan Hidrodinamika (Arus)

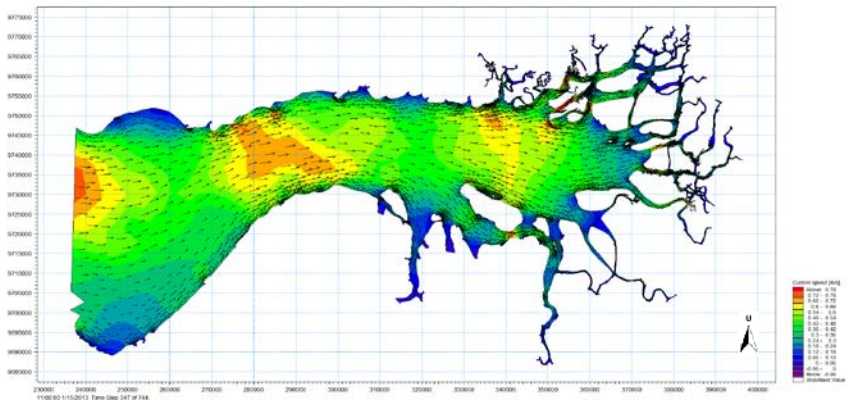
Pemodelan hidrodinamika dilakukan pada dua musim yang berbeda, yaitu musim angin barat dan musim angin timur. Pemodelan musim angin barat dilakukan pada bulan Januari 2013 dan pemodelan musim angin timur dilakukan pada bulan Juli 2013. Hasil dari pemodelan disajikan dalam keadaan pasang dan surut pada angin musim barat yang ditampilkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8, sedangkan hasil dari pemodelan pasang dan surut musim angin timur disajikan dalam Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

Pada keadaan surut musim angin barat (Gambar 4.7) terlihat bahwa arus bergerak menuju arah barat ke arah Laut

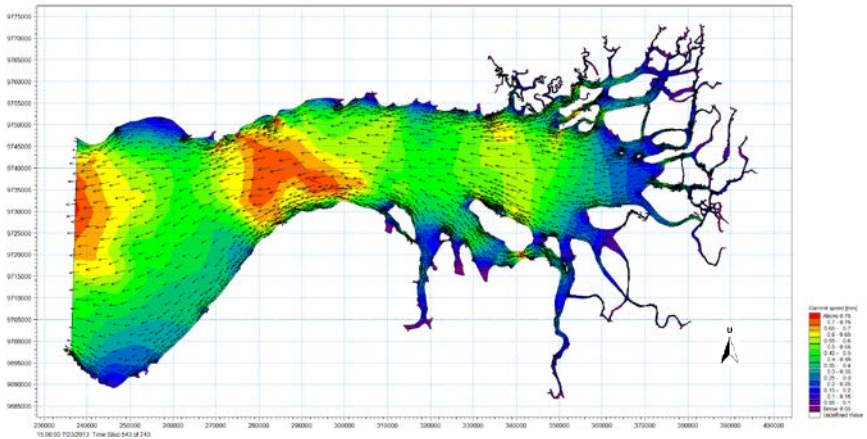
Seram dan pada keadaan pasang (Gambar 4.8) terlihat bahwa arus bergerak menuju arah timur ke arah daratan.



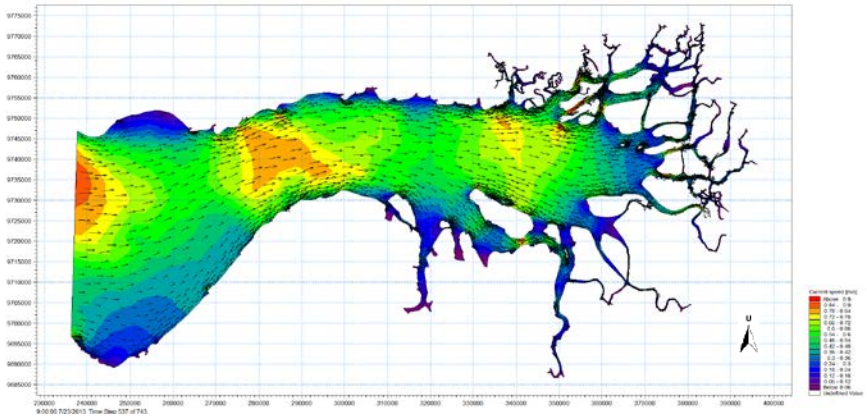
Gambar 4.7 Kondisi Surut Musim Angin Barat (15/01/2013 05.00 WIT)



Gambar 4.8 Kondisi Pasang Musim Angin Barat (15/01/2013 11.00 WIT)



Gambar 4.9 Kondisi Surut Musim Angin Timur (23/07/2013 15.00 WIT)



Gambar 4.10 Kondisi Pasang Musim Angin Timur (23/07/2013 09.00 WIT)

Dan pada keadaan surut musim angin timur (Gambar 4.8) terlihat bahwa arus juga bergerak menuju arah barat ke arah Laut Seram dan pada keadaan pasang (Gambar 4.9) arus menuju arah timur ke arah daratan.

4.4 Pemodelan Bencana Tumpahan Minyak

Untuk pemodelan bencana tumpahan minyak juga dilakukan menggunakan perangkat lunak MIKE21 tetapi menggunakan modul *Transport Module*. Pemodelan juga dilakukan pada 2 musim angin yang ada di Indonesia selama 31 hari. Parameter yang digunakan dalam memodelkan bencana tumpahan minyak adalah data hidrodinamika, titik sumber tumpahan, jumlah tumpahan minyak, *decay*, *dispersion*, *discharge*, dan karakteristik fisik minyak. Berikut adalah skenario untuk bencana tumpahan minyak.

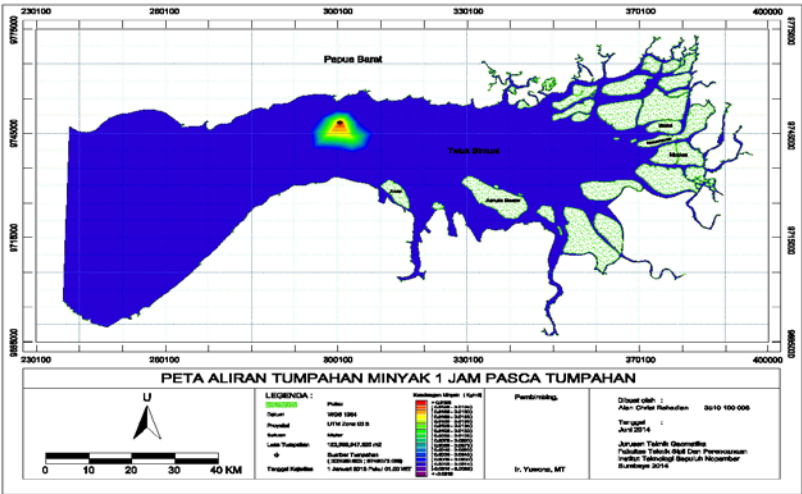
Tabel 4.1 Skenario Bencana Tumpahan Minyak

Sumber Tumpahan	(300566.603 ; 9748073.086)
<i>Component Specification</i>	min. 0.0008 g/m ³
	maks. 0.09 g/m ³
<i>Dispersion</i>	1 m ² /s constant
<i>Decay</i>	default
<i>Discharge</i>	50 m ³ /s constant

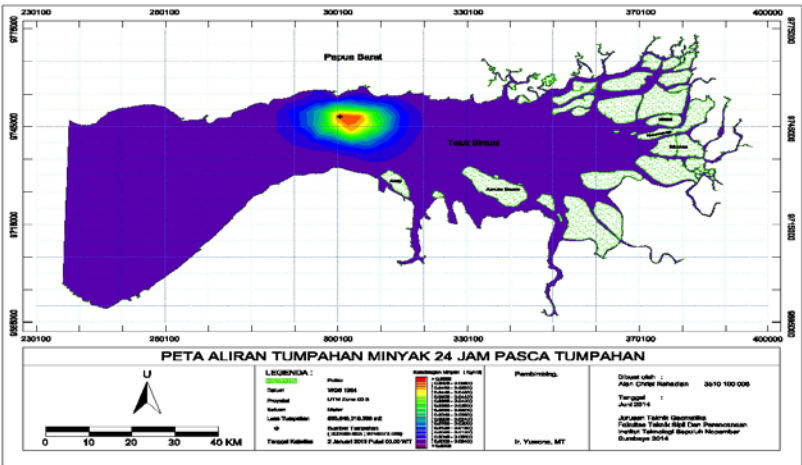
Dari tabel skenario tersebut dimodelkan bahwa *platform* minyak meledak dan terjadi kebocoran minyak pada tanggal 1 januari 2013 pukul 00.00 WIT pada musim angin barat dan 1 juli 2013 pukul 00.00 WIT pada musim angin timur.

4.5 Hasil Pemodelan Bencana Tumpahan Minyak

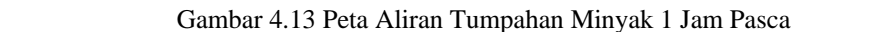
Untuk model pada musim angin barat terlihat pada Gambar 4.11 menjelaskan model aliran tumpahan 1 jam pasca tumpahan, dan Gambar 4.12 menjelaskan model aliran tumpahan 24 jam pasca tumpahan. Untuk model pada musim angin timur terlihat pada Gambar 4.13 menjelaskan model aliran tumpahan 1 jam pasca tumpahan, Gambar 4.14 menjelaskan model aliran tumpahan 24 jam pasca tumpahan.

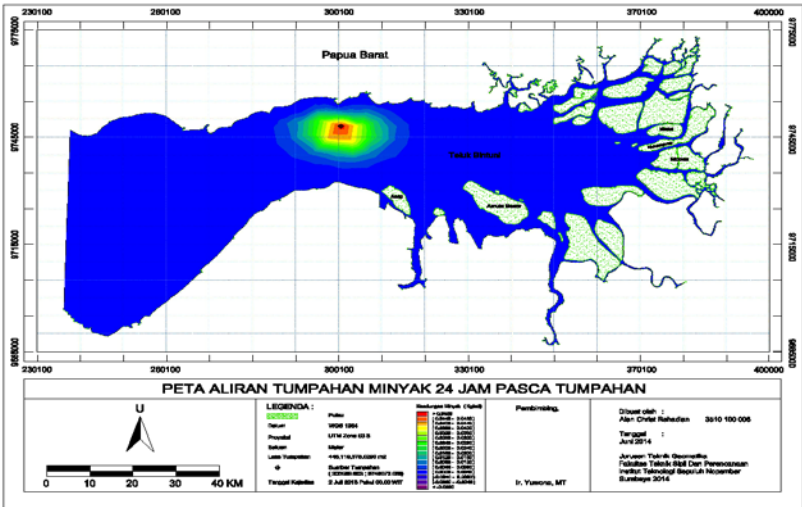


Gambar 4.11 Peta Aliran Tumpahan Minyak 1 Jam Pasca Tumpahan (01/01/2013 01.00 WIT)



Gambar 4.12 Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan (02/01/2013 00.00 WIT)





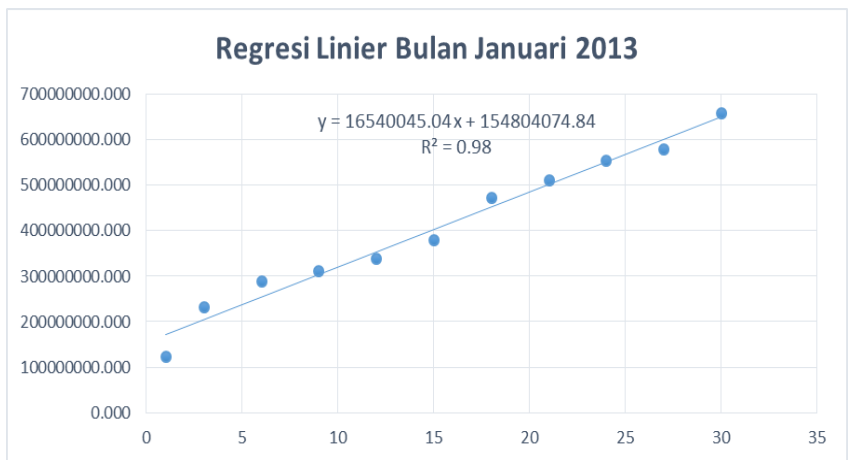
Gambar 4.14 Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan (02/07/2013 00.00 WIT)

Sedangkan dari hasil pemodelan dengan skenario meledaknya *platform* minyak dan terjadi kebocoran dapat terlihat bahwa pada musim angin timur aliran tumpahan minyak pada 1 jam pasca tumpahan cenderung menyebar ke arah selatan dari sumber tumpahan, serta mempunyai luas tumpahan sebesar 122,549,356.380 m² dengan tingkat konsentrasi minyak maksimal sebesar 0.0156 kg/m³. Dan pada 24 jam pasca tumpahan, aliran minyak cenderung menyebar ke arah barat, timur dan selatan dari sumber tumpahan, serta mempunyai luas tumpahan sebesar 446,119,378.029 m² dengan tingkat konsentrasi minyak maksimal sebesar 0.0446 kg/m³.

4.6 Analisa Regresi Linier

Tabel 4.2 Nilai Luas Tumpahan Bulan Januari 2013

X waktu (Jam)	Y luasan (m²)
1	122599947.320
3	232815544.519
6	289533905.006
9	311081588.098
12	339236215.669
15	378989889.614
18	471798300.498
21	510532623.900
24	553545019.358
27	579269218.102
30	659090047.560

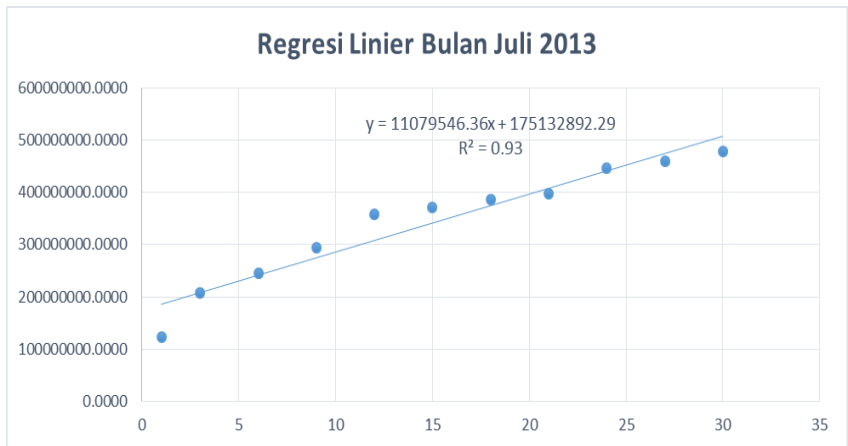


Gambar 4.15 Grafik Regresi Linier Musim Angin Barat

Dari grafik regresi linier musim angin barat di atas, dapat dijelaskan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.98 yang berarti 98% *sample* luas tumpahan dipengaruhi oleh faktor waktu. Dari grafik tersebut juga diperoleh persamaan regresi linier $Y=16540045.04 \times (X) + 154804074.84$ yang artinya apabila nilai $X=$ dalam waktu 1 Jam, maka nilai luas akan meningkat sebesar 16,540,045.04 m². Untuk nilai konstanta sebesar 154804074.84 artinya jika kurang dari 1 Jam, luas tumpahan sekitar diprediksi sekitar 154,804,074.84 m² menurut garis regresi linier.

Tabel 4.3 Nilai Luas Tumpahan Bulan Juli 2013

X waktu (Jam)	Y luasan (m²)
1	122549356.3800
3	207327858.7041
6	245392182.4815
9	294282703.0146
12	357209449.8854
15	371436010.2095
18	386654167.8720
21	397796152.1750
24	446119378.0290
27	459017650.3100
30	477881601.0960



Gambar 4.16 Grafik Regresi Linier Musim Angin Timur

Untuk grafik regresi linier musim angin timur di atas, dapat dijelaskan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.93 yang berarti 93% *sample* luas tumpahan dipengaruhi oleh faktor waktu. Dari grafik tersebut juga diperoleh persamaan regresi linier $Y = 11079546.36 \times (X) + 175132892.29$ yang artinya apabila nilai X = dalam waktu 1 Jam, maka nilai luas akan meningkat sebesar 16,540,045.04 m^2 . Untuk nilai konstanta sebesar 175132892.29 artinya jika kurang dari 1 Jam, luas tumpahan sekitar diprediksi sekitar 175,132,892.29 m^2 menurut garis regresi linier.

4.7 Manajemen Perencanaan Penanggulangan Bencana Tumpahan Minyak

Dalam skenario/simulasi bencana tumpahan minyak, kondisi hidrodinamika perairan laut sangat mempengaruhi arah pergerakan aliran tumpahan minyak. Perairan Teluk Bintuni mempunyai tipikal arah gerak dan kecepatan rata-rata arus yang hampir sama baik pasang dan surut ataupun musim angin timur dan musim angin barat. Serta membuat

aliran tumpahan minyak dapat diprediksi bilamana terjadi bencana tumpahan tersebut.

Dari pemodelan bencana tumpahan minyak yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa pada musim angin barat aliran tumpahan minyak pada 1-24 jam pasca kejadian bergerak mengalir ke arah utara, timur, barat dan selatan dan pada musim angin timur aliran tumpahan minyak pada 1-24 jam pasca kejadian bergerak ke arah yang hampir sama dengan musim angin barat. Yang membedakan adalah sebaran tingkat konsentrasi minyak tersebut dan waktu aliran tumpahan minyak sampai ke pesisir terdekat.

Oleh karna kesamaan itu akan memudahkan dalam hal perencanaan penanggulangan tumpahan minyak. Kementerian Lingkungan Hidup adalah institusi pemerintahan yang mempunyai tanggung jawab dalam masalah tumpahan minyak, selain kontraktor pelaksana kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi tersebut. Berdasarkan pemodelan ini, aliran tumpahan minyak pada musim angin barat dan musim angin timur harus diperhatikan pada saat mengalir ke arah utara dimana mengarah ke pesisir pantai terdekat. Karena apabila tumpahan minyak sudah mencapai pesisir kerugian yang akan dialami akan semakin besar dan tumpahan minyak akan lebih sulit diatasi.

Diperlukan tindak penanggulangan dan kesiapan tim yang bertugas melakukan pembersihan tumpahan minyak, agar dapat meminimalisir dampak kerugian pada bencana tumpahan minyak. Terutama apabila tumpahan minyak terjadi pada saat musim angin barat yang aliran tumpahannya telah sampai ke pesisir terdekat pada 24 jam pasca tumpahan. Tim yang akan melakukan pembersihan juga harus sudah mengetahui medan tempat terjadi bencana tumpahan minyak, sehingga bisa dilakukan pembersihan tumpahan minyak secara tepat dan cepat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kecepatan angin dan besar pasang memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kecepatan arus. Semakin besar pasang dan kecepatan anginnya, maka kecepatan arus yang terbentuk akan semakin besar.
- b. Dari simulasi pasang surut diperoleh nilai tunggang pasut pada musim angin barat sebesar 1.80 meter, sedangkan nilai tunggang pasut pada musim angin timur sebesar 1.87 meter.
- c. Dari pemodelan arus musim angin barat didapatkan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.2829 m/s. Dan untuk kecepatan arus tertinggi mencapai 0.3902 m/s dan kecepatan arus terendah mencapai 0.1371 m/s. Dengan arah gerak arus pada kondisi pasang bergerak menuju arah timur dan pada saat surut bergerak menuju arah barat.
- d. Lalu, untuk pemodelan arus musim angin timur didapatkan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.2831 m/s. Dan untuk kecepatan arus tertinggi mencapai 0.3952 m/s dan kecepatan arus terendah mencapai 0.1435 m/s. Dengan arah gerak arus pada kondisi pasang bergerak menuju arah timur dan pada saat surut bergerak menuju arah barat.
- e. Dari hasil pemodelan bencana tumpahan minyak diperoleh data bahwa pada musim angin barat, aliran tumpahan cenderung menyebar ke arah selatan dari sumber tumpahan sama dengan musim angin timur yang aliran tumpahan minyaknya menyebar ke arah selatan dari pusat tumpahan. Sehingga daerah yang memiliki probabilitas terbesar adalah arah selatan dari

sumber tumpahan dan arah utara menuju pesisir terdekat dari sumber tumpahan.

- f. Saat musim angin barat pada 24 jam pasca tumpahan minyak. Aliran minyak bergerak lebih cepat ke arah utara dan telah sampai pada wilayah pesisir utara dari sumber tumpahan berbeda dengan saat musim angin timur pada 24 jam pasca tumpahan minyak, aliran minyak belum sampai pada wilayah pesisir utara dari sumber tumpahan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah:

- a. Simulasi yang dilakukan sebaiknya menggunakan data yang diambil dari lokasi sebenarnya. Ini bertujuan agar hasil yang diperoleh bisa lebih akurat.
- b. Dalam pembuatan pemodelan hidrodinamika dan bencana tumpahan minyak, perlu diperhatikan syarat batas antara lautan dan daratan agar model yang dihasilkan dapat mendekati kondisi yang ada di lapangan.
- c. Upaya dan manajemen perencanaan penanggulangan bencana tumpahan minyak hendaknya dipersiapkan dengan baik, serta diinformasikan dengan jelas dan lengkap kepada semua pihak yang bersangkutan. Dengan ini, apabila terjadi bencana tumpahan minyak pihak yang bertanggung jawab dapat segera bertindak dengan tepat dan cepat guna meminimalisir dampak kerugian akibat bencana tumpahan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

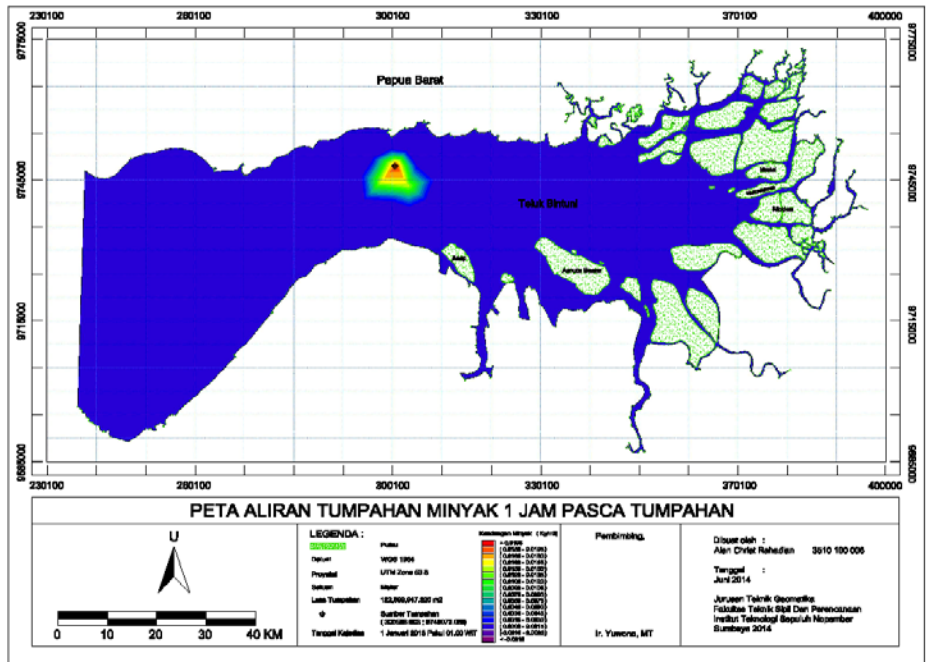
- Afif. 2012. "Resume dan Analisa Kasus Terjadinya Oil Spill di Dunia Maupun Nasional". Jakarta: anonim.
- Assilzadeh, H., Maged, M., Mansor, S., and Mohamed, M. 1999. "Application of trajectory model, remote sensing and Geographic Information System (GIS) for Oil Spill Contingency Planning in the Straits of Malacca" Towards Digital Earth-Proceedings of the International Symposium on Digital Earth,
- Fakhrudin. 2004. "Dampak Tumpahan Minyak Pada Biota Laut". Jakarta: Kompas.
- Group Training Course in Hydrographics Survey Service 2000, "Physical Oceanographic Survey Course" Hydrographic Department. Japan Coast Guard, Japan.
- Hutabarat, S., dkk. 1985. Pengantar Oseanografi. Jakarta: UI-Press.
- Ivanov, A., and Zatyagalova, V. 2008 "A GIS Approach to Mapping Oil Spills in a Marine Environment" International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, Issue 21, pp. 6297-6313
- Kelompok Bidang Keahlian Kelautan. 1989. Diktat Kuliah Pendidikan Survei Hidrografi ITB-Pertamina 1989 Angkatan ke-2. Bandung: Jurusan Teknik Geodesi ITB.
- Krisdiantoro. 2012. "Model Sebaran Tumpahan Minyak di Perairan Indramayu, Jawa Barat". Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB.
- Kuswardani, A., dkk. 2002. "Studi Pemantauan Tumpahan Minyak di Laut Menggunakan Pendekatan Oseanografik Dinamik dan Teknologi Sistem Informasi Geografik". Bandung: Program Magister Teknik Geodesi ITB.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., dkk. 2005. "Geographical Information Systems and Science: 2nd Edition". West Sussex: John Wiley & Sons

- Manurung, P. et al, 2005. "Prediksi Pasang Surut 2005 (Tide Prediction 2005) di Indonesia". BAKOSURTANAL, Cibinong.
- Mukhtasor. 2007. "Pencemaran Pesisir dan Laut". Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Ramadhany, D. 2009. "Bioremediasi. Syakti, Agung Damar. 2008. Multi-Proses Remediasi di Dalam Penanganan Tumpahan Minyak (Oil Spill) di Perairan Laut dan Pesisir". Jakarta: anonim
- Sulitijo, D., dkk. 1994. "Hasil-hasil Penelitian Oseanologi tahun 1992/1993": Proyek Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Laut Jakarta. Jakarta: LIPI.
- Suryoputro, B. 2008. "Simulasi Tumpahan Minyak di Delta Mahakam". Bandung: Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
- Sutikno. 1999. "Karakteristik Bentuk Pantai Materi Perkuliahan Geografi Pesisir Dan Kelautan". Yogyakarta: UGM
- Susiati, H. 2012. "Analisa Ketersediaan Data Oseanografi Dalam Mendukung Evaluasi Tapak PLTN Bangka Barat". Jakarta: Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir BATAN.
- Zel, R. 2012. "Pemetaan Daerah Aliran Tumpahan Minyak Lepas Pantai Di Wilayah Pesisir Kabupaten Indramayu Dan Cirebon Dalam Perspektif Perencanaan Pengelolaan Bencana Tumpahan Minyak". Bandung: Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
- Anonim. SKK Migas Tambah Produksi Minyak 121.691 Barel per Hari Tahun 2013 <URL <http://www.esdm.go.id/berita/migas/40-migas/6189-skk-migas-tambah-produksi-minyak-121691-barel-per-hari-tahun-2013-.html>> diakses pada 22 Januari 2014 pukul 12.12 BBWI.
- Nontji, Anugrah (1987). Laut Nusantara. <URL <http://www.goodreads.com/author/show/629590.Anugra>

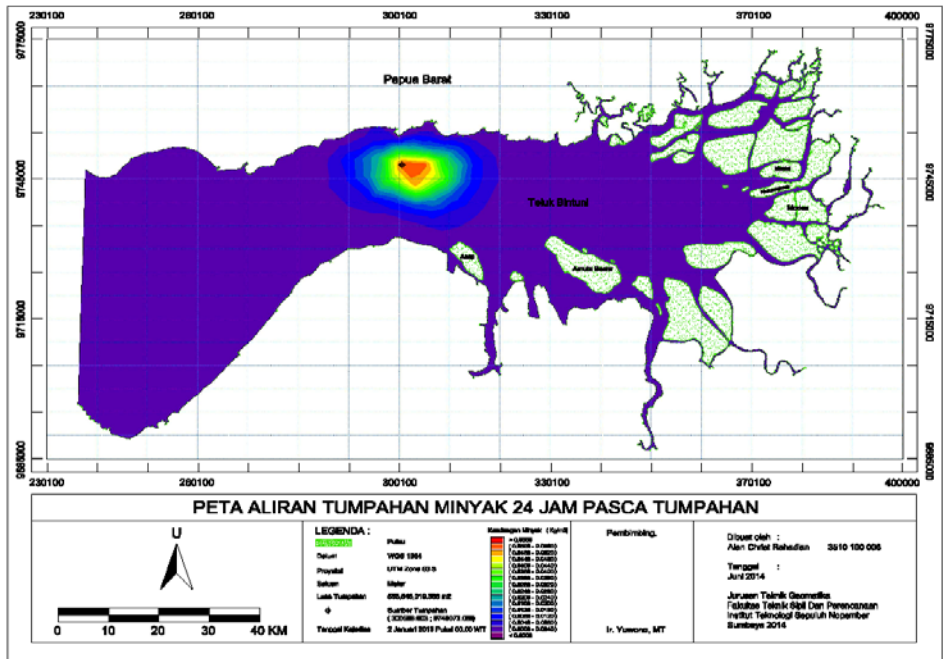
[h_Nontji.html](#)> diakses pada 21 Januari 2014 pukul 10.10
BBWI.

LAMPIRAN 1

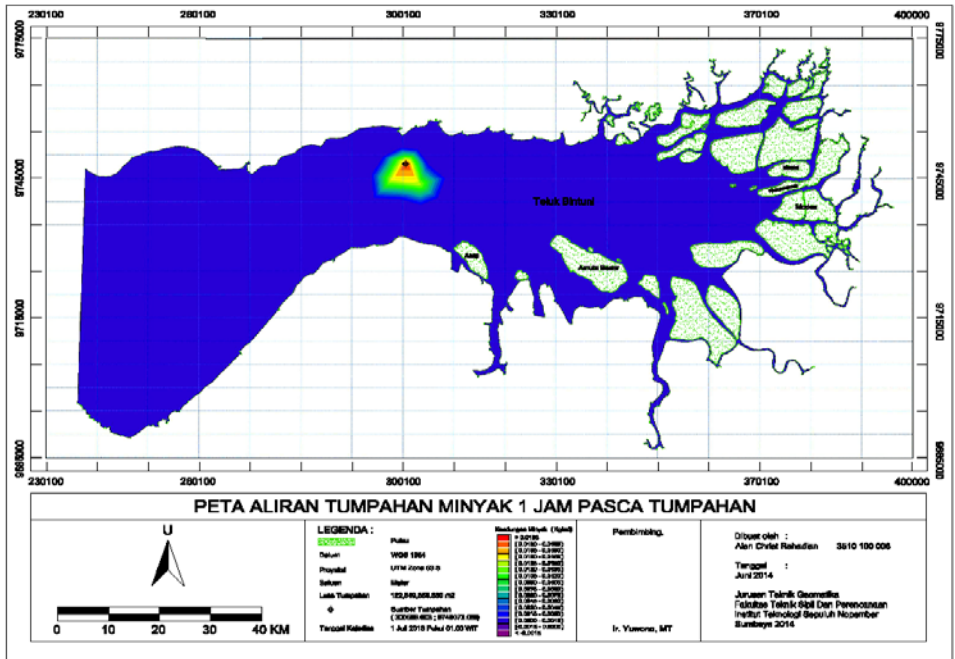
1. Peta Aliran Tumpahan Minyak 1 Jam Pasca Tumpahan
(1 Januari 2013 01.00 WIT)



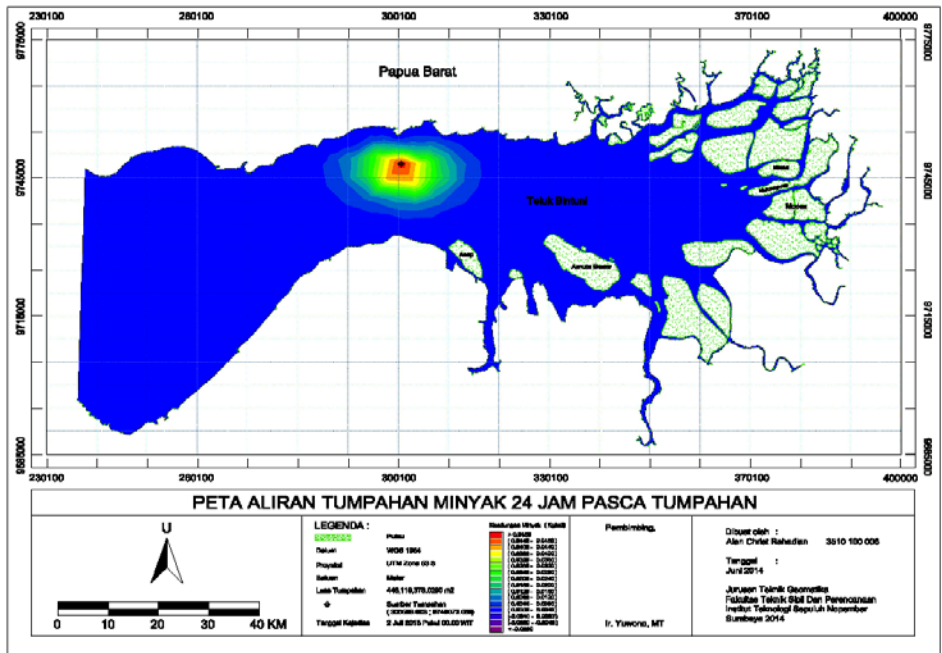
2. Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan
(2 Januari 2013 00.00 WIT)



3. Peta Aliran Tumpahan Minyak 1 Jam Pasca Tumpahan (1 Juli 2013 01.00 WIT)

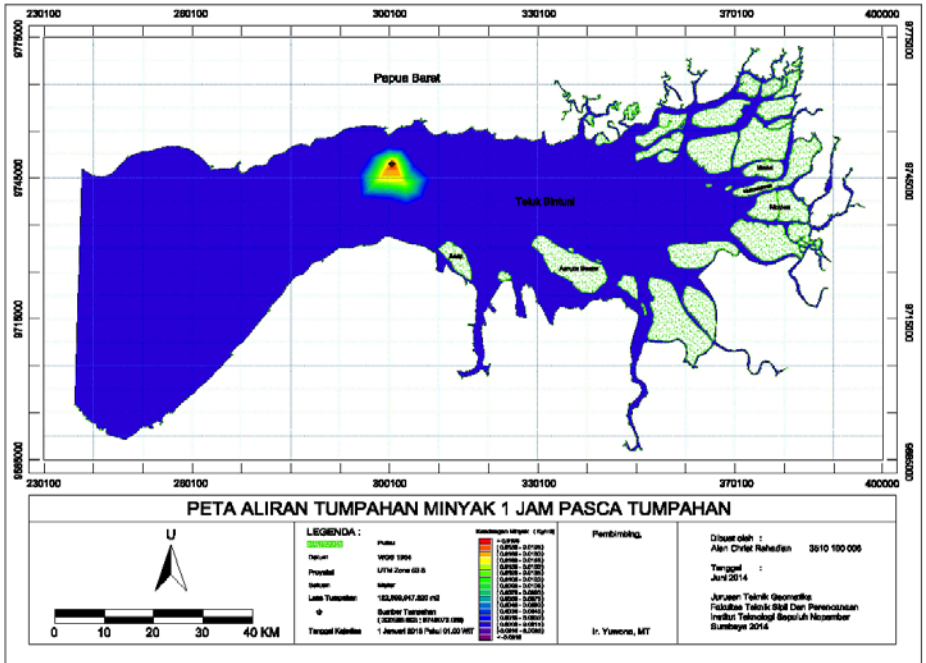


4. Peta Aliran Tumpahan Minyak 24 Jam Pasca Tumpahan
(2 Juli 2013 00.00 WIT)



LAMPIRAN 1

1. Peta Aliran Tumpahan Minyak 1 Jam Pasca Tumpahan
(1 Januari 2013 01.00 WIT)



BIODATA PENULIS



Alan Christ Rahadian, dilahirkan di Kendal, 12 Februari 1993. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Emanuel Yudi Kristanto dan Endang Litta Ganewati. Penulis menempuh pendidikan formal di SDK Immanuel Bekasi, SMP Santo Markus 2 Jakarta dan SMA Negeri 67 Jakarta. Setelah lulus dari SMA penulis memilih melanjutkan kuliah Strata-1 dengan mengikuti program PKM dan diterima di Program Studi Teknik

Geomatika FTSP-ITS tahun 2010 dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3510100006. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE – ITS) serta seminar – seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS. Untuk menyelesaikan studi Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian *Geomarine* dengan spesifikasi bidang Hidrografi/Oseanografi dengan judul Pemodelan Aliran Tumpahan Minyak Dalam Manajemen Perencanaan Penanggulangan Bencana Tumpahan Minyak.